



RAPPORT LNR 4866-2004

**Avrenning av avisings-
midler og resipientforhold
ved Trondheim lufthavn
Værnes**



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

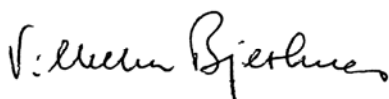
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Avrenning av avisingsmidler og resipientforhold ved Trondheim lufthavn Værnes	Løpenr. (for bestilling) 4866-2004	Dato 28. august 2004
	Prosjektnr. Undernr. O-24008	Sider Pris 28
Forfatter(e) Vilhelm Bjerknes Brage Rygg Evy Rigmor Lømsland Lars G. Golmen	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Nord-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Avinor Midt-Norge	Oppdragsreferanse
--	--------------------------

Sammendrag <p>Prøver av avløp til resipientene Stjørdalselva og Gamle elveleie nord fra Trondheim lufthavn Værnes er analysert for rester av avisingsvæsker for baneavising (teknisk urea) og flyavising (glykol). Overskytende glykol drenerer i hovedsak til Stjørdalselva, mens tilførsel av bl.a. ammoniakk (fra urea) skjer til begge resipienter. For Stjørdalselva som resipient anses utslippene som uproblematisk, mens undersøkelse av Gamle elveleie nord viser et sterkt påvirket bunndyrsfunn. Dette kan ha sammenheng med periodevis høyt oksygenforbruk og giftig ammonium. Overgang fra urea til formiat eller acetat vil redusere oksygenforbruket i resipienten og eliminere giftig ammonium. En eventuell ny avløpsledning for å lede avløpet utenfor Gamle elveleie nord vil redusere dagens belastning betydelig.</p>
--

Fire norske emneord 1. Flyplass 2. Avisingskemikalier 3. Utslipp 4. Resipient	Fire engelske emneord 1. Airport 2. Anti-icing chemicals 3. Effluents 4. Recipient
--	---



Prosjektleder



Forskningsdirektør

**Avrenning av avisingsmidler og resipientforhold ved
Trondheim lufthavn Værnes**

Forord

Denne undersøkelsen er utført på oppdrag fra Avinor, Trondheim lufthavn Værnes, etter pålegg fra Fylkesmannen i Nord-Trøndelag. Pålegget er gitt på bakgrunn av at Avinor AS har søkt om utslippstillatelse for baneavisingsskjemikalier og flyavisingsskjemikalier fra Trondheim Lufthavn Værnes.

Prøvetaking av avløpsvann er utført av Jon Dalsnes ved Avinor Værnes. Feltarbeid i forbindelse med resipientundersøkelsen i Gamle elveleie nord er utført av undertegnede assistert av Espen Schram og Johan Vemundstad ved Avinor. Vurderinger av sedimenter og bunndyr er gjort av Brage Rygg, NIVA, vurdering av begroing av Evy Lømsland NIVA. Lars Golmen, NIVA har vært behjelpelig med bearbeiding av hydrografiske registreringer. Kjemiske analyser er utført ved NIVA's laboratorium. Undertegnede har vært prosjektleder.

Vi takker Avinor AS for oppdraget og for hyggelig og konstruktivt samarbeid under veis.

Bergen, 28. august 2004

Vilhelm Bjerknes

Innhold

Innhold	4
Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Materiale og metoder	7
2.1 Lokalitet og utslipp	7
2.2 Avisingskjemikalier	7
2.3 Overvåking av avløp	8
2.4 Resipientundersøkelse	9
3. Resultater og diskusjon	12
3.1 Forbruk og utslipp av avisingsmidler	12
3.2 Resipientundersøkelse av Gamle elveleie nord	16
3.2.1 Bunnfauna og sedimenter	16
Antall og individtall av dyrearter i grabb-prøvene fra Gamle elveleie nord er vist i Tabell 4.	16
3.2.2 Hydrografi	18
3.2.3 Begroing i strandsonen	19
3.2.4 Konklusjon av resipientundersøkelsen	21
4. Konklusjoner og anbefalinger	22
5. Referanser	23
Vedlegg A.	24
Vedlegg B.	25
Vedlegg C.	27
Vedlegg D.	28

Sammendrag

Undersøkelsen omfatter analyser av rester av avisingsvæske i avløp fra Trondheim lufthavn Værnes til Stjørdalselva og til Gamle elveleie nord i perioden januar-april 2004. Videre ble det foretatt en enkel resipientundersøkelse av Gamle elveleie nord i april 2004.

Resultatene viser at hoveddelen av restglykol fra flyavising drenerer til Stjørdalselva, mens urea til avising av banelegemet fordeles mellom resipientene.

For Stjørdalselvas vedkommende anses utslippene som uproblematisk. For Gamle elveleie nord kan man ikke utelukke perioder med giftige konsentrasjoner av ammonium, samtidig som høyt oksygenforbruk kan medføre perioder med oksygenfritt vann i resipienten.

Resipientundersøkelsen i Gamle elveleie nord viste lavt individtall og arts mangfold av bunndyr, og tilstandsklassifisering plasserer resipienten i tilstandsklasse IV-V (dårlig-meget dårlig). Dette samsvarer dårlig med analyser av sedimentet i resipienten. Ut fra analyserte parametere i sedimentene kan vi plassere resipienten i tilstandsklasse I-II (meget god-god).

Sedimentet forklarer derfor ikke den dårlige tilstanden for bunndyrsamfunnet. Resipienten Gamle elveleie nord er et markert ferskvannspåvirket terskelområde med dårlig vannutskifting. I tillegg forekommer trolig episodisk høyt oksygenforbruk i forbindelse med utslipp i vinterhalvåret, og episodisk giftige konsentrasjoner av ammonium.

Begroingen i strandsonen i Gamle elveleie nord var moderat ved strandsonebefaring 22. april.

Stjørdalselva er karakterisert som en velegnet resipient for de mengdene av avisingsvæske som tilføres ved dagens bruk.

Gamle elveleie nord anses som en uegnet resipient, og resipientkapasiteten antas å bli gradvis dårligere ettersom sedimenter fra Gråelva avleires i området og reduserer vannutskiftingen. Dette betyr at man med tiden vil kunne få (tidvis) anaerobe forhold, forverret miljøtilstand og eventuelt luktproblemer.

På denne bakgrunn anbefales at urea (KOF=2,13) byttes ut med formiat (KOF=0,35) eller acetat (KOF=1,07) til avising av banelegemet. Dette vil både redusere oksygenforbruket og eliminere giftigheten av utslippene.

Etter pålegg fra Fylkesmannen har Avinor laget en plan for sanering av overvannsutslipp som i dag går til Gamle elveleie nord. Ved en eventuell gjennomføring av planen vil dette avløpet bli ledet til sjøen på utsiden, og dagens belastning av gamle elveleie nord vil bli betydelig redusert. Inntil tiltak er gjennomført anbefales en overvåking av utslippene basert på kontinuerlig mengdemåling i avløpspunktene kombinert med automatisk prøvetaking.

Overvåkingsprogrammet bør iverksettes kommende sesong, og bør inkludere overvåking av resipienten, evt. kombineres med fysisk modellering av sprednings- og fortynningsforholdene.

1. Innledning

Fylkesmannen i Nord-Trøndelag har i brev av 20. oktober 2003 gitt Avinor Værnes varsel om pålegg om overvåking av utslipp til Gamle elveleie nord og Stjørdalselva, samt resipientovervåking av Gamle elveleie nord. Videre er Avinor Værnes bedt om å legge fram en plan for sanering av utslipp til gamle elveleie nord.

Bakgrunnen for varselet er at Avinor har søkt om utslippstillatelse for sin virksomhet på Værnes. Søknaden omfatter et årsforbruk av avisingskjemikalier for rullebane, tilsvarende en organisk belastning angitt som oksygenforbruk på 420 tonn oksygen pr sesong. Det er videre søkt om et forbruk av inntil 200 000 liter avisingskjemikalier for fly, tilsvarende en organisk belastning på 336 tonn oksygen pr sesong.

I brev av 7. januar 2004 skriver Fylkesmannen at Resipienten Gamle elveleie nord skal overvåkes ved prøvetaking av vann og sedimenter og biota, og at der skal tas prøver for analyse av biokjemisk oksygenforbruk (BOF) og kjemisk oksygenforbruk (KOF), samt forholdet mellom disse.

Den foreslåtte overvåkingen av vannfasen i resipienten Gamle elveleie nord ville bli meget krevende og kostbar, dersom man skulle få resultater av verdi. Man må regne med store variasjoner avhengig av utslippsmengder, tidevann og værforhold, noe som vil kreve et stort prøvemateriale tatt under ulike betingelser. I diskusjon med Avinor Værnes før igangsetting av programmet, ble det derfor enighet om å legge hovedinnsatsen på innsamling og analyse av avløpsprøver vinter/vår 2004, og deretter foreta en enkel resipientundersøkelse for å beskrive tilstanden. Her vil bl.a. tilstanden i sedimentene kunne fortelle noe om påvirkning over tid. På bakgrunn av dette skal man vurdere evt. videre undersøkelser og et mer rutinemessig overvåkingsprogram.

Prøvetakings- og analyseprogrammet for utslippene til Stjørdalselva og Gamle elveleie nord ble startet opp i januar og avsluttet i april 2004. Videre ble det utført en enkel resipientundersøkelse av Gamle elveleie nord i april 2004. Denne undersøkelsen omfattet sedimenter og bunndyr nær resipientens dypeste punkt og hydrografiske profiler i Gamle elveleie nord og i Stjørdalsfjorden (referanse). Det ble også foretatt en befaring av strandsonen i Gamle elveleie nord for å gi en vurdering av begroingssituasjonen.

Denne rapporten presenterer resultatene av overvåkingen og undersøkelsene som er gjennomført. For en mer inngående beskrivelse av flyplassen, samt og bruk og effekter av avisingskjemikalier henviser vi til Roseth et al. (2002).

2. Materiale og metoder

2.1 Lokalitet og utslipp

Trondheim lufthavn Værnes ligger ved tettstedet Stjørdal ca. 30 km øst for Trondheim, ca. 8 m o.h. (**Figur 1**). Flyplassen ligger på løsavsetninger ved utløpet av Stjørdalselva. Ved forlengelse på 1950-tallet ble rullebanen lagt på fylling på tvers av det gamle munningsområdet av Stjørdalselva. Rullebanen som er orientert nordvest/sørøst er ca. 2500 m lang.

Området som betegnes som "Gamle elveleie nord" (nord for rullebanen, se **Figur 1**), kan ansees som en egen resipient, avgrenset av en linje fra nordenden av Langøra til munningen av Gråelva. Ved høyvann dekker resipienten en overflate på 400 daa, ved lavvann er overflaten redusert til ca. 300 daa. Med unntak av et dypere område i indre del på 8-9 m dyp, er resipienten svært grunn, med et antatt gjennomsnittsdyp på 1,5 m (Roseth et al. 2002).

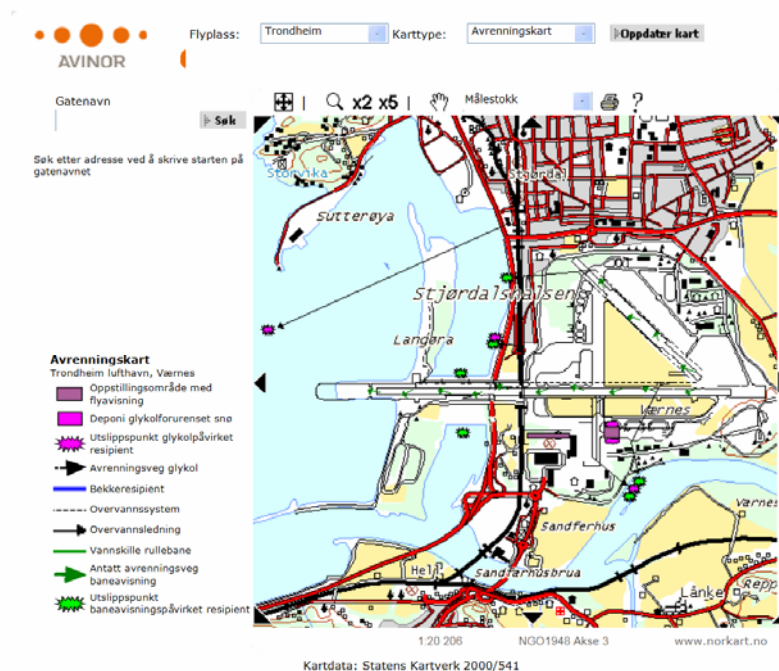
Gråelva avsetter sedimenter i området mellom elvemunningen og nordenden av Langøra, og bidrar til en gradvis redusert vannutskifting. Dette antas å føre til en gradvis forverring av miljøtilstanden i Gamle elveleie nord. På 1960-tallet ble området benyttet til lagring av tømmer, samtidig som det skjedde utslipp av urensket kloakk. Vannkvaliteten ble på denne tiden betegnet som svært dårlig. Etter at tømmerlagringen opphørte, og spredt avløp ble sanert, har forholdene blitt bedre.

Overvann fra flyoppstillingsområdet, inkludert avisingsvæske, dreneres til Stjørdalselva. Ved utslippsområdet er det gode strømforhold med gode innblandingsmuligheter og effektivt oksygenopptak fra atmosfæren. Herfra vil avisingsvæsken bli transportert, innblandet og nedbrutt i overflatelaget i Trondheimsfjorden (Stene-Johansen og Holtan 1991). Modellberegninger viser at dagens utslipp til Stjørdalselva fortynnes effektivt til konsentrasjoner under giftighetsnivå allerede i nærheten til utslippet (Lømsland og Nygaard 1997).

To overvannsystemer føres ut i Gamle elveleie nord. Søndre kulvert fører overvann fra rullebanen og fra flyoppstillingsområdet ved terminal A, der det drives preventiv fly-avising. Nordre kulvert fører overvann fra den minste rullebanen, som ikke er i bruk i dag, og fra forsvarrets område nord for flyplassen. I tillegg mottar resipienten noe avrenning fra rullebanen på fyllingen over til Langøra. Stene-Johansen og Holtan (1991) anser resipienten som uegnet for utslipp av glykol og urea på grunn av dårlig vannutskifting. Teknisk urea nyttes som baneavisingmiddel på Værnes i dag.

2.2 Avisingskjemikalier

Til avising av fly benyttes det i dag avisingsvæske Type I og II, med henholdsvis 20 og 50% innblanding av vann. Hovedbestanddelen er monopropylenglykol. I tillegg er det tilsatt korrosjonsinhibitor, fortykningsmidler og inhibitorer for å forebygge antennelse. Begge typene benyttes ved plattform. Type II benyttes kun til preventiv avising ved gate. I det følgende er forbruk regnet om til 100% glykol. Den mest utpregete miljøeffekten av glykol er at nedbrytningen er meget oksygenkrevende. Glykol har et kjemisk oksygenforbruk (KOF) på 1,68 mg/L.



<http://webhotel.gisline.no/Avinor/Avinor.aspx?airport=ENVA&service=avrenn>

30.06.2004

Figur 1. Oversiktskart over utslipp fra Trondheim Lufthavn Værnes.

Flyavising utføres på en egen avisingsplattform der glykolholdig overvann samles opp og pumpes til kommunalt dypvannsutslipp til Stjørdalsfjorden. Ved avrenningsintensiteter over 1,5 mm/time vil overskytende vann bli ført i avløp til Stjørdalselva (se **Figur 1**). I tillegg utføres preventiv avising på flyoppstillingsplasser utenfor terminal A. Glykolholdig overvann herfra fanges opp av et overvannssystem og føres via kulvert til Gamle elveleie nord.

Til avising av banelegemet benyttes teknisk urea. Dette stoffet hydrolyserer til ammonium og karbondioksid. Ved høye pH-verdier og lave temperaturer dannes ammoniakk, som er giftig i lave konsentrasjoner. Nedbrytning av urea skjer under høyt oksygenforbruk. Kjemisk oksygenforbruk for urea er 2,18 mg/L.

Langs rullebanen vil baneavisingmidlene og diffust spredde flyavisingsskjemikalier infiltreres i grøntområder eller drenere til overvannssystemer som dekker ca. 60% av banekanten. Mengden av overvann herfra antas å fordele seg med 40% til Stjørdalselva, 40% til Gamle elveleie nord, 15% til Stjørdalsfjorden og 5% til Gamle elveleie sør (Roseth et al. 2002).

For en mer inngående gjennomgang av forbruk og miljøkomplikasjoner vedrørende dagens bruk av avisingsvæske på Værnes, henviser vi til Lømsland og Nygaard (1997) og til Roseth et al. (2002).

2.3 Overvåking av avløp

Det ble tatt vannprøver av avløpene til Stjørdalsevla (Stasjon 1) og fra avløpet via Søndre kulvert til Gamle elveleie nord (Stasjon 2) 1-2 ganger pr uke i perioden 29. januar til 5. april 2004. Prøvene ble

sendt med "dør-til-dør-post" til NIVA's laboratorium i Oslo for å bli tatt hånd om samme dag. Dette ble gjort for å redusere transporttiden, og dermed minimalisere nedbrytning av avisingstoffer under transport. Overvåkingen innebar i alt 11 prøvetakinger av hvert avløp. Prøvene ble analysert for Total-Nitrogen, Ammonium-Nitrogen, Nitrat-nitrogen og glykol. Det ble i tillegg målt pH i 6 av prøvene. Ved 3 prøvetakinger ble det foretatt en enkel vannføringsmåling i utslippspunktene.

2.4 Resipientundersøkelse

Feltarbeidet i Gamle elveleie nord ble utført av 22. april 2004. Prøvetakingslokaliteten er vist i **Figur 2**. Innsamling og opparbeiding av prøver for bunndyrundersøkelse er gjennomført i henhold til Norsk Standard for undersøkelser av bløtbunnsfauna (NS 9423: 1998).

Resipientens dypeste del ble valgt for prøvetaking fordi denne delen av resipienten har minst vannutskifting, og derfor vil være mest følsom for utslipp og sedimentasjon av stoff. De største utslagene av miljøpåvirkninger vil derfor mest sannsynlig kunne påvises her. De grunnere delene vil være påvirket av tidevannsutskifting.

På lokaliteten ble det tatt 8 prøver med en 0.045 m² van Veen-grabb. Fire og fire grabbprøver ble slått sammen til to større prøver (Prøve1 og Prøve2), som hver representerer et bunnareal på 0.18 m². Bunnmaterialet ble silt gjennom en sikt med 1 mm store hull for å fjerne finpartiklene. Dyr større enn 1 mm og annet grovmateriale holdes tilbake av sikten. Dette ble tatt vare på og konserverert i 4-6% formaldehydløsning i sjøvann og oppbevart for senere opparbeiding i laboratoriet, hvor dyrene ble sortert ut fra resten av siktematerialet, artsbestemt og antallet notert. Basert på artslistene og antall individer pr. art ble det beregnet arts mangfold, individtetthet, og forekomst av indikatorarter som er ømfintlige eller tolerante overfor forurensninger.

I tillegg til faunaen ble det tatt sedimentprøver ved hjelp av corer. Av sedimentkjernene ble det tatt ut prøver fra henholdsvis 0-2 cm og 4-6 cm sedimentdyp. Prøvene ble nyttet til analyse av organisk materiale (organisk karbon og nitrogen).

Innholdet av organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) ble bestemt i en elementanalysator etter at karbonater var fjernet med saltsyre. I tillegg ble det foretatt tungmetallanalyse. Farge og lukt av sedimentet ble vurdert i felt, med tanke på evt. anaerobe forhold.

I marine områder har bunnens dyreliv, og særlig bløtbunnssamfunn, lenge blitt brukt som indikatorer på miljøtilstand og har vist seg å være et nyttig verktøy for å beskrive den økologiske status på lokalitetene.

Slike bunnlevende organismesamfunn er rike på arter. Endringer i organismesamfunnet gjenspeiler derfor den sammenlagte respons på forurensningspåvirkninger eller andre forstyrrelser hos mange arter. De stedbundne organismesamfunnene er representative for den lokale miljøtilstand og fanger opp svingninger i leveforholdene over tid.

Det ble registrert artsantall og individantall og beregnet arts mangfold ved indeksen $H(\log_2)$ (Shannon & Weaver 1963) og Hurlberts indeks ES_{100} (Hurlbert 1971). Andelen av forurensningsømfintlige arter (arter som indikerer gode miljøforhold) i faunasamfunnet ble beregnet ved indeksen ISI (Rygg 2002). Antall arter og individer pr. grabb og totalt ble også registrert.

Resultatene vurderes etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann; **Tabell 1**). Det norske klassifiseringssystemet for bløtbunnsfunn (se Molvær og medarb. 1997) er basert på arts mangfold og på sedimentets innhold av organisk materiale (TOC). Dessuten er det etablert klassifiseringer basert på forekomst av ømfintlige og forurensningstolerante arter (Rygg 2002) og antall arter pr. bunnareal (Lyche og medarb. 2003).

	Tilstandsklasser				
	I	II	III	IV	V
Parameter	Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
H (Artsmangfold)	>4	4-3	3-2	2-1	1-0
ES ₁₀₀ (Artsmangfold)	>26	26-18	18-11	11-6	6-0
S ₀₄ (Artstall pr. 0.4m ²)	>58	58-36	36-17	17-7	7-0
ISI (Indikatorarter)	>8.75	8.75-7.5	7.5-6	6-4	4-0

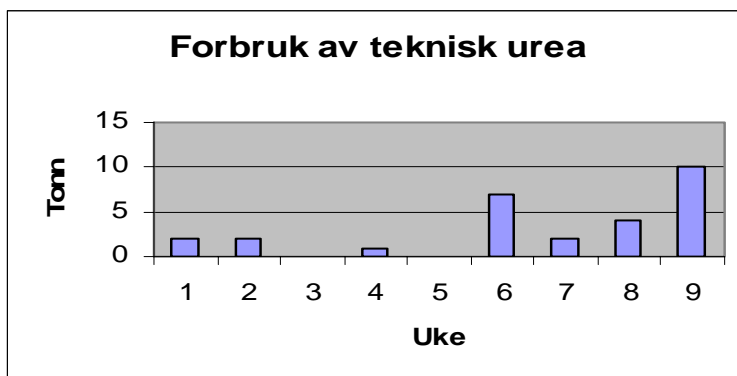
10

Strandsonebefaring og fotografering, konsentrert til området omkring Søndre kulvert, ble foretatt for vurdering av begroing. Vurderingen bygger på fotografering av den antatt mest belastete delen av strandsonen.

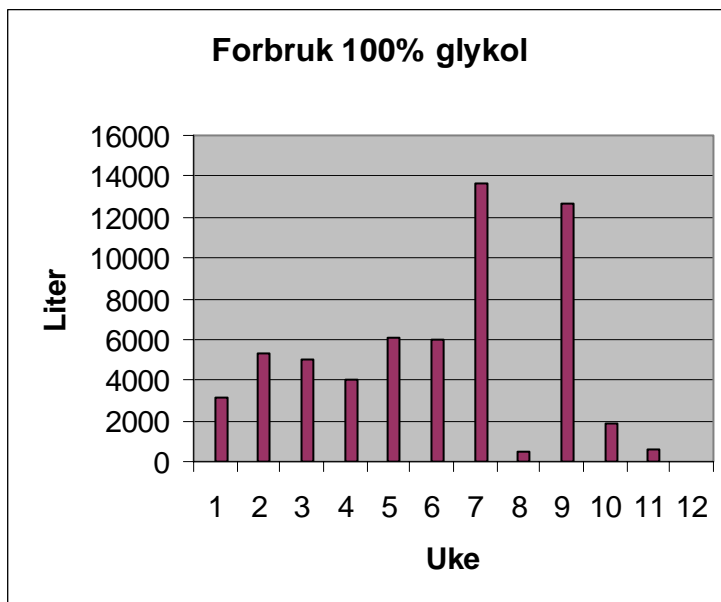
3. Resultater og diskusjon

3.1 Forbruk og utslipp av avisingsmidler

Ukentlig forbruk av teknisk urea og glykol (omregnet til 100% glykol) i den aktuelle perioden av 2004 er gjengitt i **Figur 3** og **Figur 4**. Det ble benyttet i alt 28 tonn teknisk urea og 58.703 liter 100% glykol i overvåkingsperioden (se Vedlegg C og D). Ukeverdiene for urea ligger langt under anbefalt maksimum forbruk på 40 tonn urea (Roseth et al. 2002). For glykol anbefalte Roseth et al. (2002) at forbruket på avisingsplattformen ikke skal overstige 50 tonn pr måned. Forbruket i overvåkingsperioden lå godt under dette.



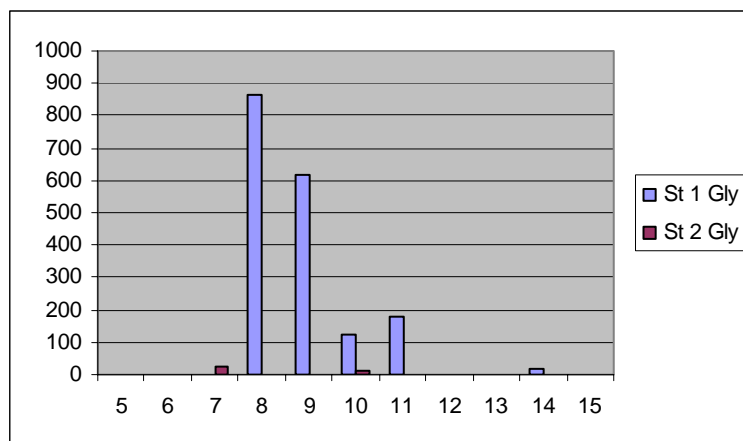
Figur 3. Ukentlig forbruk av teknisk urea ved Værnes lufthavn vinteren og våren 2004 (se Vedlegg D).



Figur 4. Ukentlig forbruk av glykol (omregnet til 100% glykol) ved Værnes lufthavn vinteren og våren 2004 (se Vedlegg C).

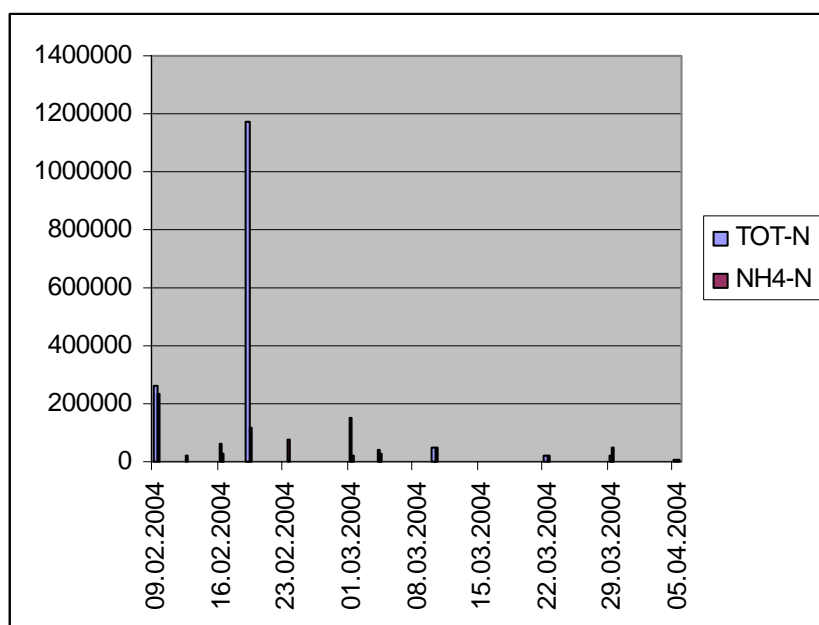
Konsentrasjoner av glykol i avløp til henholdsvis Stjørdalselva og Gamle elveleie nord er vist i **Figur 5**. Som figuren antyder, skjer det vesentligste av utslipp av fly-avising til Stjørdalselva. Dette er

nærmere omtalt nedenfor. Høyeste forbruk av glykol fant sted i uke 7 og 9, mens de høyeste konsentrasjonene i avrenningsvannet ble registrert i uke 8 og 9. Uke 7 startet med en kuldeperiode (kaldere enn normalt) med temperaturer ned til -10°C , deretter fulgte en periode med temperaturer over 0°C (varmere enn normalt) og nedbør gjennom uke 8. Perioden sluttet med en kuldeperiode fra midten av uke 9 (se Vedlegg B). Konsentrasjonene i avrenningen til Stjørdalselva (**Figur 5**) avspeiler de klimatiske variasjonene.

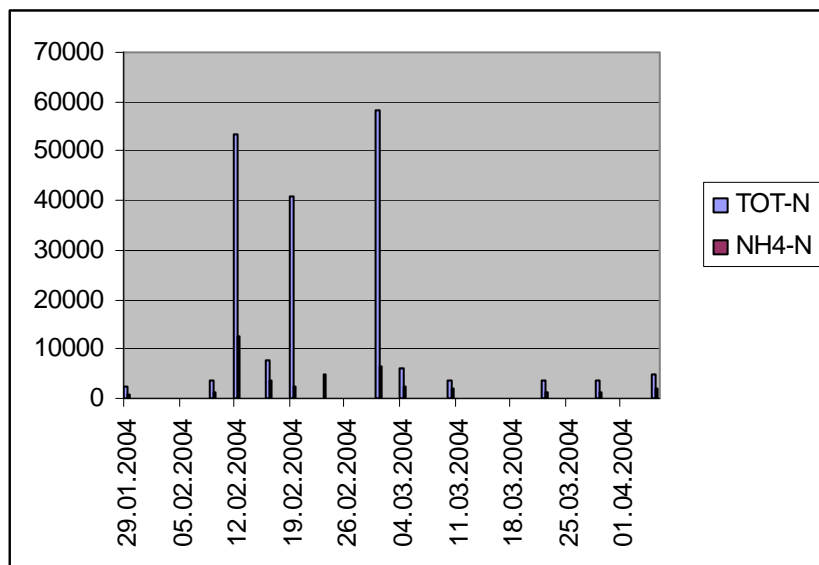


Figur 5. Konsentrasjoner av glykol (mg/L) pr uke (gjennomsnitt av to ukentlige prøver) i prøveperioden i avløpet til Stjørdalselva (Stasjon 1) og Gamle elveleie nord (Stasjon 2).

Figur 6 og **Figur 7** viser konsentrasjoner av Total-nitrogen og ammoniakk-nitrogen til henholdsvis Stjørdalselva og Gamle elveleie nord.



Figur 6. Konsentrasjoner av Total-nitrogen og ammoniakk-nitrogen ($\mu\text{g/L}$) i prøver av avløp til Stjørdalselva.



Figur 7. Konsentrasjoner av Total-nitrogen og ammoniakk-nitrogen ($\mu\text{g/L}$) i prøver av avløp til Gamle elveleie nord.

Forbruket av avisingsmidler varierer med værforholdene. Værforhold (temperatur og nedbør) i prøvetakingsperioden er gjengitt i Vedlegg B. Overskytende flyavisingsvæske går hovedsakelig til kommunal kloakk, mens noe vil bli blandet med overvann og snødeponi, og renner av ved snøsmelting i mildværsperioder. Det er derfor ikke nødvendigvis noen klar sammenheng mellom forbruk og avrenning av avisingsvæske. Overskytende urea vil dels dreneres til grunnen, dels til avløpene til Stjørdalselva og Gamle elveleie nord og sør.

En del målte konsentrasjonsverdier for nitrogenforbindelser og glykol, samt pH og avrenning til Stjørdalselva (Stasjon 1) og til Gamle elveleie (Stasjon 2) er vist i **Tabell 2**. Disse verdiene er benyttet i det følgende. For fullstendig oversikt over prøver og analyser henvises til Vedlegg A.

Tabell 2. Maksimum, minimum og median verdier i utslipp ved Stasjon 1 (Stjørdalselva) og Stasjon 2 (Gamle elveleie nord). Konsentrasjon av Total Nitrogen (mg/L), Ammonium/Ammoniakk nitrogen (mg/L), og propylenglykol (mg/L), pH og Avrenning (L/minutt). N = Antall prøver/målinger.

		Tot N	NH4-N	Glykol	pH	Avrenning
Stasjon 1	Maksimum	1174	235	1000	8,37	333
	Minimum	7,9	4,5	0	7,59	2
	Median	49,4	26,5	140	7,82	2
	N	11	11	11	6	3
Stasjon 2	Maksimum	58,3	12,6	46	7,55	822
	Minimum	2,6	0,8	0	7,04	250
	Median	4,3	2,0	0	7,35	300
	N	11	11	11	6	3

Verdiene i **Tabell 2** skriver seg fra et begrenset antall prøver tatt på tilfeldige tidspunkt, og verdiene både for nitrogen, ammonium og glykol kan trolig bli atskillig høyere i ekstremperioder. Avrenningen er dynamisk, og de høyeste konsentrasjonene kommer i starten av en avrenningsperiode. Slike episoder kan vanskelig identifiseres uten kontinuerlig flow-registrering. Videre har vi for få flow-målinger for avrenning til å angi sikre tall for de reelle tilførslene til resipientene. Vi har heller ikke tall for varigheten av ulike vannføringer. Disse faktorene vil variere med nedbør og avsmelting og med

forbruket av avisingsvæske. For glykolens vedkommende er effektiviteten av oppsamlingen ved avisingsplattformen selvsagt avgjørende.

Bruken av urea i måleperioden var relativt lav, 28 tonn. Angitt middelforbruk er 80 tonn. Maksimum årsforbruk er satt til 200 tonn. Forbruket av glykol på 59 tonn er også relativt lavt i forhold til et middels årsforbruk som er satt til 115 tonn, og et maksimumsforbruk på 200 tonn. Herav skal kun 15 tonn nyttes til preventiv avising, der overskytende væske skal gå med overflatevann til Gamle elveleie, i tillegg til glykol spredt fra flyene langs rullebanen. Forbrukstallene indikerer en vinter med godt under middels forbruk av avisingskjemikalier.

Forbruket av urea og glykol i perioden for denne undersøkelsen ligger altså langt under de maksimumsverdiene som er benyttet for "worst case" beregninger av Roseth et al. (2002). Det betyr også at resipientbelastningen vinteren/våren 2004 har vært mindre enn det som kan forventes for en middels vinter.

De største variasjonene i konsentrasjon for samtlige parametere finner sted på Stasjon 1, mens de høyeste avrenningstallene er registrert for Stasjon 2. Tall for konsentrasjoner og avrenning (**Tabell 2**) indikerer at hoveddelen av baneavisingsvæske går til Gamle elveleie nord, mens hoveddelen av avisingsvæske for fly går til Stjørdalselva. Det siste skyldes bl.a. feil fall ved avisingsplattformen.

Ammoniakk er et nedbrytingsprodukt av urea, og er giftig. Giftigheten avhenger av hvor stor del som foreligger som (uionisert) ammonium (NH_3). Andelen av NH_3 øker med økende pH og minkende temperatur. 0,025 mg NH_3/L er en anerkjent grenseverdi (LC 50) for fisk, og vi velger derfor å anvende denne verdien som en "giftighetsgrense". **Tabell 3** tar utgangspunkt i en vanntemperatur på 5°C, og pH-verdier i området 6,5-9,0, samt totalkonsentrasjoner av ammoniakk som gir en ammoniumkonsentrasjon på 0,025 mg/L ved gitt temperatur og pH (Alabaster & Lloyd 1980). I

Tabell 3. pH-verdier og konsentrasjoner av ammoniakk som gir en konsentrasjon 0,025 mg/L uionisert ammonium (NH_3) ved 5°C.

pH	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
Ammoniakk mg/L	63,3	20,0	6,3	2,0	0,66	0,23

En sammenligning av tallene i **Tabell 3** med **Tabell 2** indikerer at utslippsvannet til begge resipientene til tider kan overskride giftighetsgrensen for ammonium. Utslippet fra Stasjon 1 skjer til Stjørdalselva, og fortynnes hurtig i et miljø med lavere pH, noe som hurtig reduserer giftigheten etter utslipp. Derfor er utslippene til Stjørdalselva trolig uproblematisk, som antydnet av andre (Stene-Johansen og Holtan 1991; Lømsland og Nygaard 1997; Roseth et al. 2002).

Ved Stasjon 2 skjer utslippet til et medium med høyere pH, dvs. at giftigheten vil øke etter utslipp, mens fortynning bidrar i motsatt retning. Ved en pH-økning fra 7,5 til 8,5, som må anses som realistisk, vil ammoniakk fortsatt være giftig etter 10 gangers fortynning i Gamle elveleie nord. Fortynning tar lengre tid ved Stasjon 2 enn ved Stasjon 1. Trolig kan utslippet medføre giftige tilstander i begrensede områder over korte perioder.

Kjemisk oksygenforbruk (KOF) er oppgitt til 2,13 mg/L for urea, og 1,68 mg/L for glykol (Schram pers. komm.). I en følsom resipient som Gamle elveleie nord kan utslipp med høy KOF-verdi ha betydning for resipientens miljøtilstand (se nedenfor).

3.2 Resipientundersøkelse av Gamle elveleie nord

3.2.1 Bunnfauna og sedimenter

Antall og individtall av dyrearter i grabb-prøvene fra Gamle elveleie nord er vist i Tabell 4.

Tabell 4.. *Arter og individtall.*

Gruppe	Familie	Slekt art	Prøve1	Prøve2	SUM
POLYCHAETA	Nereidae	<i>Nereis virens</i>		1	1
POLYCHAETA	Spionidae	<i>Polydora ciliata</i>	17	12	29
POLYCHAETA	Spionidae	<i>Pseudopolydora</i> sp		1	1
POLYCHAETA	Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>	86	54	140
BIVALVIA	Scrobiculariidae	<i>Abra alba</i>	2	7	9

I **Tabell 5** er dataene benyttet til en tilstandsklassifisering av resipienten etter klassifiseringssystemene i kapittel 2 ovenfor. Resultatet viser Tilstandsklasse IV-V (dårlig-meget dårlig) for artstall og artsmangfold.

Tabell 5. *Parametre for fauna. Tilstandsklassifisering etter Lyche og medarb. (2003).*

Stasjon	Prøve1	Prøve2	TOTAL
Dyp (m)	8	8	8
Individtall	105	75	180
Artstall	3	5	5
Artsmangfold (ES ₁₀₀)	3	-	4.11
Artsmangfold (H)	0.77	1.25	1.01
ISI	4.07	3.84	4.07

Det fantes svært få arter på lokaliteten. Bare forurensningstolerante arter var representert. Dominansen av børstemarkene *Capitella*, *Polydora* og *Pseudopolydora* tyder på en betydelig forurensningsbelastning. Dette ga svært lave verdier både for indeksen ISI og indeksene for artsmangfold. Faunaparametrene på lokaliteten viste stort sett dårligste tilstandsklasser (klasse IV-V, dårlig til meget dårlig tilstand).

Sedimentprøvene var luktfrie, og viste ingen indikasjoner på anaerobe forhold. Sedimentene kan derfor ikke forklare den dårlige faunatilstanden. Sedimentoverflaten hadde en svakt brunlig farge, ellers var farge grålig (**Figur 8**). Sedimentanalysene (**Tabell 6**) viser bare mindre forskjeller mellom 0-2 cm (overflate) og 4-6 cm sedimentdyp, og tilstanden er klassifisert til klasse I-II (god-meget god, dvs. lave nivåer) for samtlige målte parametre. Total organisk karbon (TOC/F) ligger på 19,8 mg/g i sedimentoverflaten, noe som svarer til et kjemisk oksygenforbruk (KOF) på 52,8 mg/g.

Likheten i analyseverdier i de to sedimentlagene indikerer liten endring i belastning over tid. Ingen av sedimentprøvene kan forklare den dårlige faunatilstanden.



Figur 8. Sediment fra 0-2 cm (øverst) og 4-6 cm sedimentdyp.

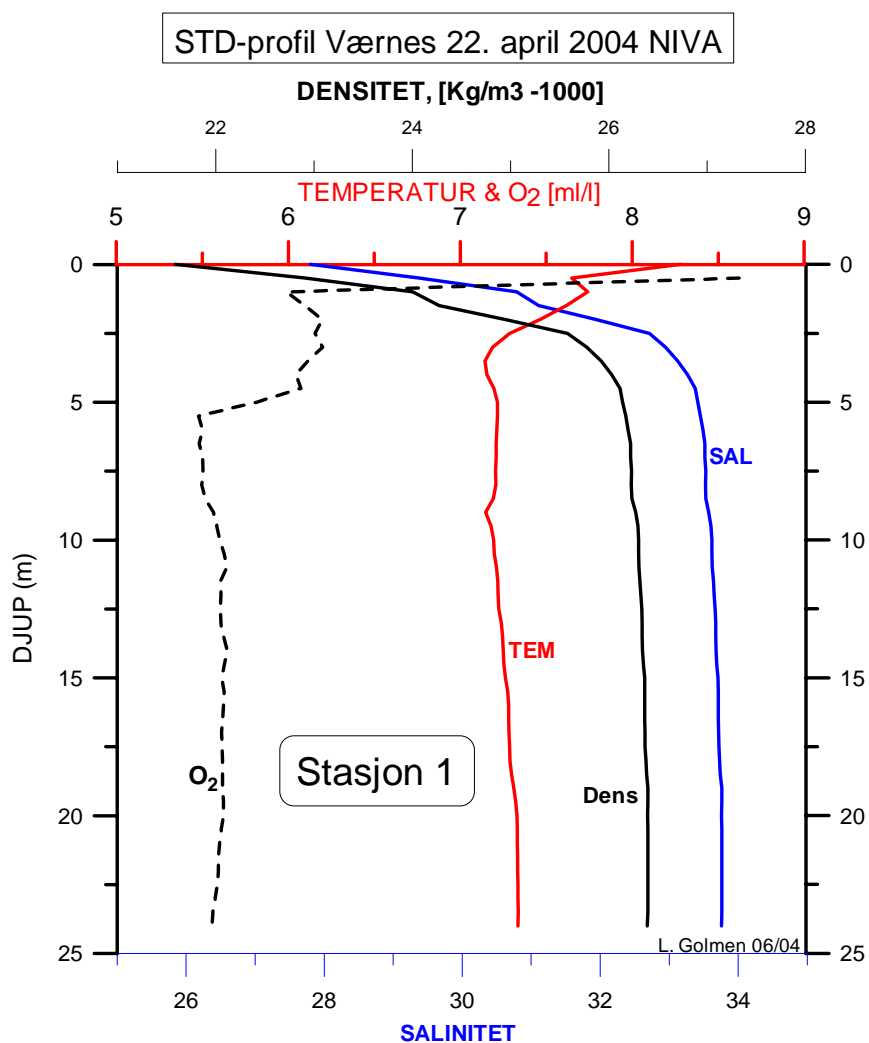
Tabell 6. Parametere for sediment (*F*=fast stoff). Tilstandsklassifisering etter SFT (1997).

Parameter	Sedimentdyp 0-2 cm	Sedimentdyp 4-6 cm
TN/F (mg/g)	1.3	1.4
TOC/F (mg/g)	19.8	20.7
Al (µg/g)	26800	28100
As (µg/g)	8.7	8.1
Cd (µg/g)	0.2	0.2
Cr (µg/g)	69.7	71.8
Cu (µg/g)	43.7	42
Fe (µg/g)	36600	36800

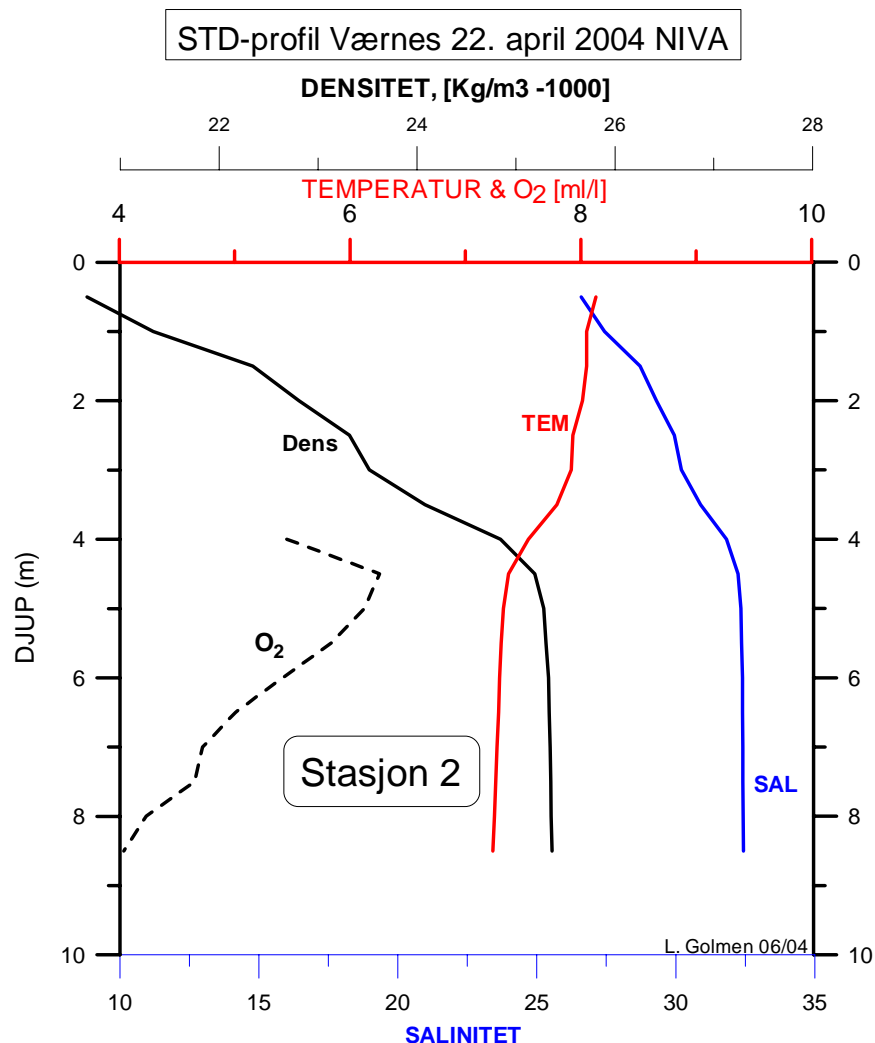
Hg (µg/g)	0.054	0.049
Mn (µg/g)	319	327
P (µg/g)	783	888
Pb (µg/g)	13	14
Zn (µg/g)	111	114
Ni (µg/g)	47.3	48.7

3.2.2 Hydrografi

Figur 9 og **Figur 10** viser snitt av temperatur, saltholdighet og oksygen i henholdsvis Stjørdalsfjorden ved utslippet for kommunal kloakkledning og i Gamle elveleie nord.



Figur 9. Temperatur, °C (—), Saltholdighet, ppt (---) og oksygen, ml/L (-----) fra 0 til 25 m dyp i Stjørdalsfjorden (referanse) 22. april 2004.



Figur 10. Temperatur, °C (-----), Saltholdighet, ppt (-----) og oksygen, ml/L (-----) fra 0 til 8,5 m dyp i Gamle elveleie nord 22. april 2004.

Figur 10 viser et tydelig sprangsjikt ved ca. 4 m dyp og en kraftig gradient i oksygen under sprangsjiktet 22 april. Resipienten er et terskelbasseng med ferskvannspåvirket overflatevann. Tetthetsforskjellen gjør at vannet under terskelnivå naturlig vil stagnere over lang tid. Lave oksygennivåer i slike bassenger er forventet, også uten oksygenforbrukende utslipp. Vinterens utslipp av urea hadde opphørt da registreringen fant sted. Nedbrytning av urea medfører høyt oksygenforbruk. Det er sannsynlig at oksygenforbruket i deler av vinterhalvåret er så høyt at dypvannet blir oksygenfritt, og at dette er forklaringen på det reduserte bunndyrsamfunnet.

3.2.3 Begroing i strandsonen

Det ble i forbindelse med feltarbeidet 22. april 2004 tatt en del bilder (**Figur 11, Figur 12, Figur 13**) for å dokumentere begroingssituasjonen i nærområdet til Søndre kulvert (Gamle elveleie nord).

Bildene viser at algevegetasjonen var dominert av grønnalger. Økt forekomst av grønnalger kan være symptomer på overgjødsling. Det er imidlertid flere naturlige miljøfaktorer som også kan favorisere vekst av hurtigvoksende grønnalger. Spesielt i fjorder må det tas i betraktning en kompleks sammensatt "fjordeffekt". I begrepet "fjordeffekt" inngår blant annet faktorer som ferskvannsstress, nedslamming, partikkelskuring, redusert lystilgang og liten vannutveksling. Ettersom "fjordeffekten" kan favorisere vekst av grønnalger, kan det derfor være vanskelig å skille mellom fjordeffekter og

forurensningseffekter. For å finne årsaken til grønnalgeveksten kreves det derfor en mer systematisk undersøkelse av området.



Figur 11. Oversiktsbilde fra området rundt Søndre kulvert for utløp av overvann fra rullebane og flyoppstillingsområde.



Figur 12. Nærbilde av Søndre kulvert med begroing.



Figur 13. Nærbilder av algeforekomster i nærområdet rundt Søndre kulvert.

3.2.4 Konklusjon av resipientundersøkelsen

Utslipet til Gamle elveleie nord skjer til resipientens overflatelag. Innblanding og påvirkning av dypere vannlag avhenger av en rekke forhold, bl.a. overflatelagets tetthet i forhold til dypere liggende vannmasser. Vannføringen i Gråelva vil være av betydning. Likeså vil tidevannsstrøm og vindforhold gi variasjoner i oppholdstid og innblandingsforhold.

Utslipp av avisingskemikalier påvirker resipienten kun i vinterhalvåret, mens påvirkningen i sommerhalvåret er minimal i dagens situasjon. Dette gjør at man kan forvente en viss restitusjon av resipienten i sommerhalvåret. En slik syklus kan være noe av forklaringen på misforholdet mellom en sterkt påvirket fauna og lite påvirkete sedimenter.

Det overraskende misforholdet mellom et fattig bunndyrsamfunn og god sedimentkvalitet kan forklares med episodiske forhold i forbindelse med utslipp av avisingsmidler, der høyt oksygenforbruk, evt. kombinert med giftige effekter av ammonium slår ut bunndyrsamfunnet.

Med det moderate forbruket av avisingskemikalier vinteren 2004 var det forventet at tilstanden resipienten våren 2004 var bedre enn etter en vinter med stort forbruk.

4. Konklusjoner og anbefalinger

Stjørdalselva er av Stene-Johansen og Holtan (1991), Lømsland og Nygaard (1997) og Roseth et al. (2002) karakterisert som en velegnet resipient for de mengdene av avisingskjemikalier som tilføres ved dagens bruk. Det forutsettes likevel at fallforholdene ved avisingsplattformen rettes, slik at en større del av oveskudds-glykol føres til kommunalt avløp.

Gamle elveleie nord anses som en uegnet resipient. Overvåkingen av utslipp viser at tilførslene av glykol er små, men at belastningen av urea er relativt høy. Det skal bemerkes at de foretatte målinger er punktmålinger, og at mengdemålingene er mangelfulle.

Resipientundersøkelsen av Gamle elveleie nord viser fortsatt friske sedimenter i de dypeste delene av resipienten, men at bunndyrsamfunnet er sterkt påvirket. Dette henger trolig sammen med tidvis oksygenfrie forhold. I tillegg kan episodisk ammoniumgiftighet forekomme.

Iflg. Stene-Johansen og Holtan (1991) vil resipientforholdene i Gamle elveleie nord bli gradvis dårligere ettersom sedimenter fra Gråelva avleires ved Langøra og reduserer vannutskiftingen. Dette betyr at man med tiden vil kunne få (tidvis) anaerobe forhold, forverret miljøtilstand og eventuelt luktproblemer.

På denne bakgrunn anbefales at urea (KOF=2,13) byttes ut med formiat (KOF=0,35) eller acetat (KOF=1,07) til avising av banelegemet. Dette vil både redusere oksygenforbruket og eliminere giftigheten av utslippene. **Tabell 7** angir maksimalt oksygenforbruk pr sesong og pr uke (20% av sesongforbruket) ved maksimal bruk av de tre avisingsstoffene (Roseth et al. 2002).

Tabell 7. Mengde aktivt stoff og oksygenforbruk ved antatt maksimalforbruk av ulike handelsprodukter for baneavising (fra Roseth et al. 2002).

Handelsvare	Mengde aktivt stoff	Oksygenbehov i tonn KOF pr sesong	Oksygenbehov i BOF 5 pr sesong	Oksygenbehov i tonn BOF 5 pr uke
200 tonn Safeway KF HOT	59 tonn formiat	21	16	3
200 tonn Clearway 6S	142 tonn acetat	152	100	20
200 tonn urea	200 tonn urea	426	400	80

En eventuell ledning for å lede avløpet utenfor Gamle elveleie nord vil under alle omstendigheter redusere dagens belastning av resipienten betydelig. Inntil tiltak er gjennomført, anbefales en overvåking av utslippene, som inkluderer mengdemåling i avløpspunktene, evt. kombinert med automatisk prøvetakingsutstyr. Dette vil gi mulighet for en styrt overvåking med konsentrasjon om kritiske situasjoner, redusere prøveantall og analysekostnader, lette arbeidet med overvåkingen, og gi bedre estimater både av de totale utslippene og av ekstremutslipp, samt en mer eksakt vurdering av effekter på resipienten.

5. Referanser

- Alabaster, J. S. & Lloyd, R. 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworths, London.
- Hurlbert S N, 1971. The non-concept of species diversity. Ecology 53: 577-586.
- Lyche og medarb, 2003. BIOKLASS – utvikling av biologiske kvalitetskriterier. Framdriftsrapport. NIVA-rapport.
- Lømsland, E. R. og Nygaard, E. 1997. Resipientvurdering av Stjørdalsfjorden i forbindelse med utslipp av glykolbasert avisingsvæske. NIVA-rapport 3723-97. 43 s.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997. 36 s.
- Norges Standardiseringsforbund, 1998. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitative undersøkelser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø. NS 9423. 16 s.
- Roseth, R., Weidborg, M., Hem, L. J. og Kraft, P. I. 2002. Miljøforhold relatert til bruk av avisingsmidler ved Trondheim lufthavn, Værnes. Jordforsk rapport nr. 54/02, Aquateam rapport nr. 02-042. 33 s.
- Rygg B, 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA, Oslo. Rapport l. nr. 4548-2002. 32 s.
- Shannon CE, Weaver W, 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana., 117 s.
- Stene-Johansen, S. og Holtan, H. 1991. Glykolavrenning ved lufthavnene. Vurdering av resipienter og behov for reparerende – forebyggende tiltak. Fase 2. NIVA-rapport nr. 2720. 73 s.

Vedlegg A.

Analysér av vannprøver

Stasjon 1. Avløp til Stjørdalselva

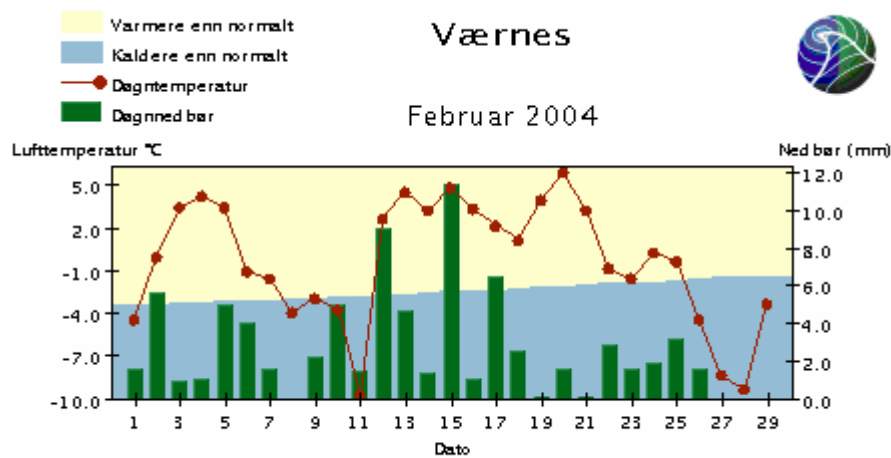
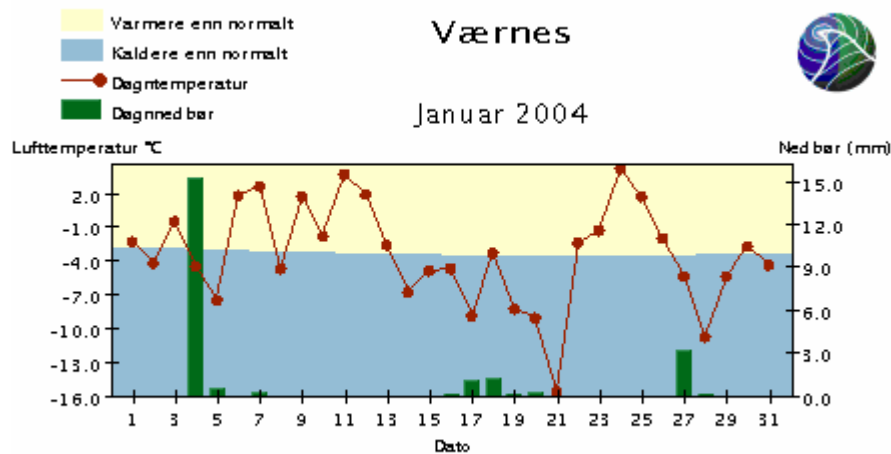
Dato	pH	Tot-N µg/L	NH4-N µg/L	NO3-N µg/L	Ethylengly. mg/L	Propylengly mg/L	Avrenning L/min
9. februar		262000	235000	100	<5	130	
12. februar		24660	23300	245	<5	360	
16. februar		58980	26500	855	<5	1000	
19. februar		1174000	118000	655	<3	730	
26. februar		107000	71000	169	3,7	1000	
1. mars	7,82	149000	21100	255	<3	140	
4. mars	8,37	43100	29800	127	<3	110	
10. mars	8,26	49400	46000	45	<3	180	
22. mars	7,64	23300	22200	55	<3	3,3	2
29. mars	8,20	18800	4530	525	3,2	19	333
5. april	7,59	7870	5800	213	<3	<3	2

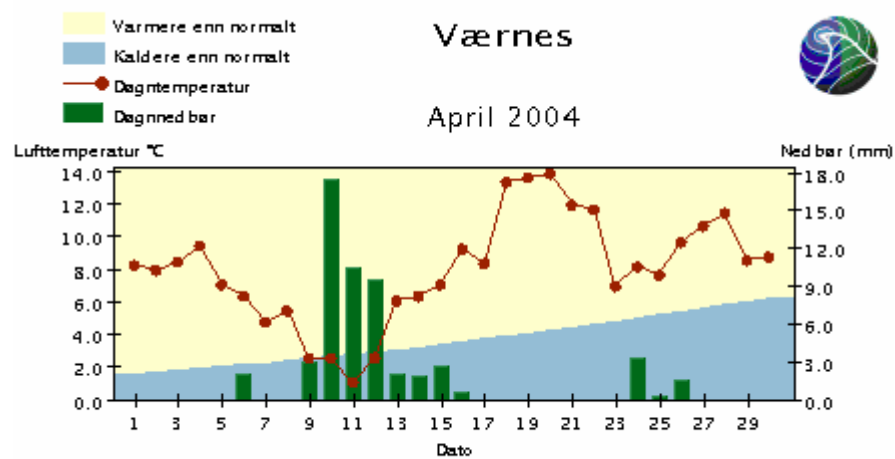
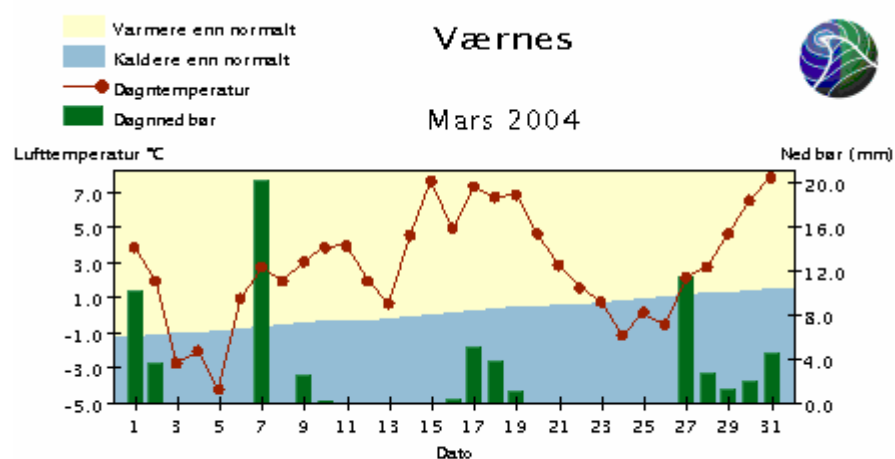
Stasjon 2. Avløp til gammelt elveleie

Dato/kl.	pH	Tot-N µg/L	NH4-N µg/L	NO3-N µg/L	Ethylengly. mg/L	Propylengly mg/L	Avrenning L/min
29. januar		2550	795	1550	<3	<3	
9. februar		3500	1200	1850	<3	<3	
12. februar		53280	12600	990	<5	46	
16. februar		7560	3720	2740	<3	5,2	
19. februar		40860	2500	2660	<3	<3	
26. februar		4260	2000	2260	<3	<3	
1. mars	7,04	58320	6530	1380	<3	25	
4. mars	7,52	5880	2630	2490	<3	<3	
10. mars	7,55	3660	1880	190	<3	<3	
22. mars	7,35	3660	1290	2620	<3	<3	300
29. mars	7,19	3600	1080	520	<3	4,7	822
5. april	7,44	4900	2060	3110	<3	<3	250

Vedlegg B.

Lufttemperaturer og nedbør på Værnes januar-april. Data fra DNMI.





Vedlegg C.

Forbruk av glykol vinter/vår 2004.

TRD Værnes Trondheim

<i>Year</i>	<i>Week</i>	<i>Type I Applied</i>	<i>Type II / IV Applied</i>	<i>Heated Water</i>	<i>Total 100 % glykol</i>	<i>Number of A/C</i>	<i>Average use per A/C 100% glykol</i>
2004	01	2693	1952	11963	3130	26	120,38
							461538
2004	02	6317,5	417	8983,5	5262	43	122,37
							209302
2004	03	5228	1657	5971	5010	47	106,59
							574468
2004	04	4226	1260	10772	4011	36	111,416
							666666
2004	05	6063,5	2508	12762,5	6105	48	127,187
							5
2004	06	6581	1510	11085	6020	47	128,08
							510638
2004	07	12631,6	6996	32095,	13603	110	123,66
		4		36			363636
2004	08	561,5	109	692,5	503	7	71,8571
							428571
2004	09	13895	3092	21718	12662	113	112,053
							097345
2004	10	1340,5	1497	5109,5	1820	25	72,8
2004	11	550,5	243	550,5	562	7	80,285
							714285
2004	12	0	30	0	15	1	15
<i>Total</i>		60 088,1	21 271,0	121 702,9	58 703,0	510	115,1

Vedlegg D.

Oversikt over urea bruk (tonn) ved Værnes vinter/vår 2004

Dato	Tonn urea
070104	2
230104	1
020204	2
030204	2
060204	3
120204	2
180204	2
210204	2
220204	2
230204	2
250204	2
260204	2
290204	4
Sum for måleperioden	28